

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
Кафедра астрономии и космической геодезии

Р.Р. НАЗАРОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ
РАБОТ ПО КУРСУ
«СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ»**

Казань – 2015

УДК 528.88

*Принято на заседании кафедры прикладной лингвистики
Протокол №12 от 15 мая 2015 года*

Рецензент:

кандидат физико-математических наук,
доцент КГАСУ **В.С. Боровских**

Назаров Р.Р.

Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Сбор и обработка данных дистанционного зондирования» / Р.Р. Назаров – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 62 с.

Современные возможности получения данных дистанционного зондирования требуют активного и адресного использования информационных технологий. Особенно это актуально при работе с цифровыми моделями местности, гигантскими объемами высокодетальной космосъемки и аэрофотосъемки. Кроме этого все больший интерес вызывают методы доступа к геопространственным данным с использованием веб-технологий. Представленные лабораторные работы помогут более детально ознакомиться с этими методами. Подготовлено для магистров направления «Геодезия и дистанционное зондирование».

© Назаров Р.Р., 2015

© Казанский университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. Исследование алгоритмов построения равномерных (GRID) и неравномерных (TIN) моделей поверхностей	5
Теоретическая часть	5
GRID представление поверхности	5
Алгоритмы создания GRID	6
TIN представление поверхности	8
Практическая часть	11
Цель работы	11
Ход выполнения работы	11
Установка и знакомство с ГИС SAGA	11
Импорт исходных данных	14
Построение ЦМР различными методами	14
Содержание отчета	16
Тема 2. Алгоритмы работы с большими изображениями	17
Теоретическая часть	17
Параметры тайловой сетки. Проекция.	17
Параметры тайловой сетки. Охват	18
Параметры тайловой сетки. Масштабные уровни (разрешения)	19
Параметры тайловой сетки. Размер тайла	20
Положение начала отсчёта тайловой сетки	21
Количество тайлов на различных масштабных уровнях	22
Подробнее о разрешениях	23
Понятие экранного масштаба карты	24
Практическая часть	25
Цель работы	25
Ход выполнения работы	25
Установка и знакомство с ГИС Quantum GIS	25
Установка плагина Qtiles	26
Работа с плагином Qtiles	26
Создание геопривязанного изображения в QGIS	28
Содержание отчета	29
Тема 3. Технологии создания веб-сервисов для хранения, представления пространственных данных	30
Теоретическая часть	30
Введение	30
Определение и задачи веб-картографии	30
История веб-картографии	31
Основные виды приложений имеющих отношение к веб-картографии	33
Основные игроки рынка веб-картографии	35
Стандарты в веб-картографии	37
Данные и проблемы с ними связанные	39

Практическая часть	46
Цель работы	46
Ход выполнения работы	46
Установка Mapserver	46
Создание приложения	48
Проверка поддержки WMS в Mapserver	49
Адаптация map-файла для поддержки WMS	49
Проверка WMS	56
Работа с WMS в ПО QGIS	59
Содержание отчета	61
Литература	62

ТЕМА 1

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ РАВНОМЕРНЫХ (GRID) И НЕРАВНОМЕРНЫХ (TIN) МОДЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Теоретическая часть.

Основой для представления данных о земной поверхности являются цифровые модели рельефа (ЦМР).

Поверхности - это объекты, которые чаще всего представляются значениями высоты Z , распределенными по области, определенной координатами X и Y .

Цифровые модели рельефа (ЦМР) используют для компьютерного представления земных поверхностей, ЦМР - средство математического представления рельефа земной поверхности.

Построение ЦМР требует определённой формы представления исходных данных (набора координат точек X, Y, Z) и способа их структурного описания, позволяющего восстанавливать поверхность путем интерполяции или аппроксимации исходных данных. Исходные данные для формирования ЦМР могут быть получены по картам - цифрованием горизонталей, при фотограмметрической обработке снимков, а также в результате геодезических измерений или лазерного сканирования местности. Наиболее распространены первые два способа, т.к. лазерное сканирование, хоть и перспективный современный метод, но пока достаточно дорогой.

Для математического представления поверхностей используется два типа моделей: GRID и TIN.

GRID представление поверхности

GRID представляют поверхности по регулярно распределенным точкам

(рис. 1.). Оценка значений поверхности между этими точками проводится путем интерполяции значений в окружающих точках с учетом степени их близости к данной точке (весом). Интерполяция - восстановление функции на заданном интервале по известным ее значениям конечного множества точек, принадлежащих этому интервалу.

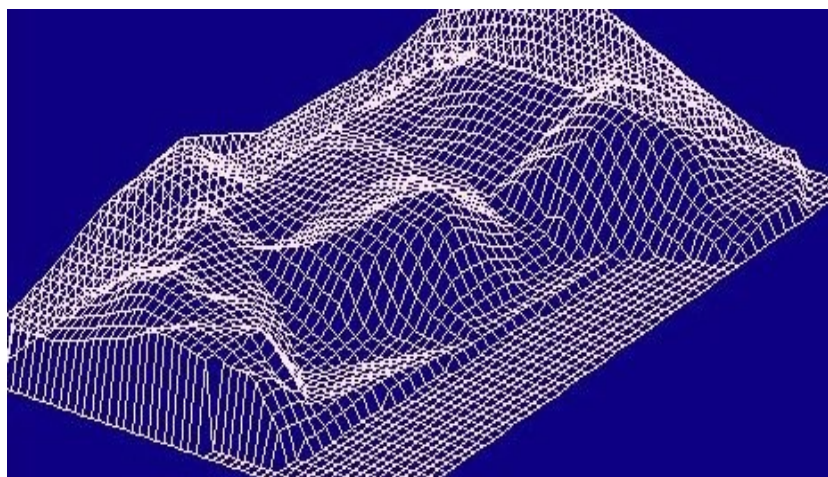


Рис. 1. Пример GRID поверхности

Алгоритмы создания GRID

В настоящее время известны десятки методов интерполяции поверхностей, наиболее распространенные: линейная интерполяция; метод обратных взвешенных расстояний, кригинг, сплайн-интерполяция, тренд-интерполяция. Метод обратных взвешенных расстояний основан на предположении, что чем ближе друг к другу находятся исходные точки, тем ближе их значения. Для точного описания топографии набор точек, по которым будет осуществляться интерполяция, необходимо выбирать в некоторой окрестности определяемой точки, так как они оказывают наибольшее влияние на ее высоту. Это достигается следующим образом. Вводится максимальный радиус поиска или количество точек, ближайших по расстоянию от начальной (определяемой) точки. Затем значению высоты в каждой выбранной точке задается вес, вычисляемый в зависимости от квадрата расстояния до

определяемой точки. Этим достигается, чтобы более близкие точки вносили больший вклад в определение интерполируемой высоты по сравнению с более удаленными точками.

Тренд интерполяция применяется в тех случаях когда исследователя интересуют общие тенденции поверхности, которые характеризуются поверхностью тренда. Аналогично методу обратных взвешенных расстояний для поверхности тренда используется набор точек в пределах заданной окрестности. В пределах каждой окрестности строится поверхность наилучшего приближения на основе математических уравнений, таких как полиномы или сплайны. Поверхности тренда могут быть плоскими, показывая общую тенденцию или более сложными. Тип используемого уравнения или степень полинома определяет величину волнистости поверхности. Например, поверхность тренда первого порядка будет выглядеть как плоскость, пересекающая под некоторым углом всю поверхность. Если поверхность имеет один изгиб, то такую поверхность называют поверхностью тренда второго порядка.

Сплайн интерполяция это возможность описания сложных поверхностей с помощью полиномов невысоких степеней определяется тем, что при сплайн интерполяции вся территория разбивается на небольшие непересекающиеся участки. Аппроксимация полиномами осуществляется отдельно для каждого участка. Обычно используют полином третьей степени - кубический сплайн. Затем строится общая функция «склейки» на всю область, с заданием условия непрерывности на границах участков и непрерывности первых и вторых частных производных, т.е. обеспечивается гладкость склеивания полиномов. Сглаживание сплайн-функциями особенно удобно при моделировании поверхностей, осложненных разрывными нарушениями, и позволяет избежать искажения типа «краевых эффектов».

Кригинг - это метод интерполяции, который основан на использовании методов математической статистики. В его реализации применяется идея

регионализированной переменной, т.е. переменной, которая изменяется от места к месту с некоторой видимой непрерывностью, поэтому не может моделироваться только одним математическим уравнением. Поверхность рассматривается в виде трех независимых величин.

Первая - тренд, характеризует изменение поверхности в определенном направлении. Далее предполагается, что имеются небольшие отклонения от общей тенденции, вроде маленьких пиков и впадин, которые являются случайными, но все же связанными друг с другом пространственно и наконец случайный шум (например, валуны). С каждой из трех переменных надо оперировать в отдельности. Тренд оценивается с использованием математического уравнения, которое наиболее близко представляет общее изменение поверхности, во многом подобно поверхности тренда.

Чем меньше расстояние между точками (выше разрешение), тем более детальной будет модель. Модель GRID достаточно простая, ее обработка обычно более эффективна, чем других моделей.

Хорошо разработанные алгоритмы обработки GRIDов в массе своей проистекают из методов обработки растровых изображений. Данных по высотам рельефа в формате GRIDa достаточно много и они относительно дешевы.

TIN представление поверхности

С другой стороны, регулярная структура данных не в полной мере подходит для описания изменчивости поверхности (потеря информации в промежутках между точками регулярной сетки), поэтому принятые за основу исходные данные не всегда можно полностью использовать и отразить в результатах анализа, например, с использованием методов интерполяции. Кроме того, базовая структура GRIDa не позволяет адекватно показать линейные объекты в приложениях, где требуются крупные масштабы. В этом случае

целесообразней использование TIN моделирование (рис. 2.).

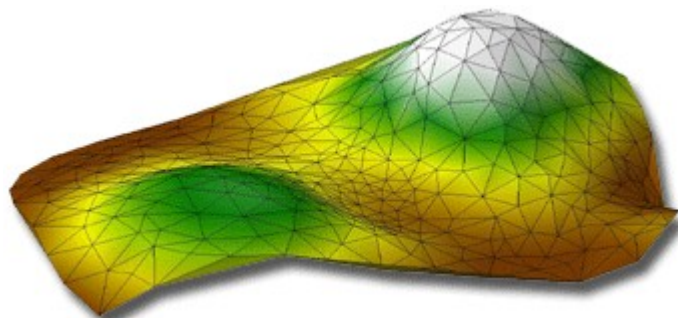


Рис. 2. Пример TIN поверхности

Нерегулярные сети треугольников (Triangulated irregular networks, TINs) представляют поверхность в виде непрерывного набора неперекрывающихся треугольных граней. Значение поверхности в любой точке в пределах триангуляционной сети можно вычислить по значениям в узлах окружающих треугольников с учетом веса, зависящего от расстояния от дуги до нужной точки.

Разрешение TINa может быть переменным - более детальным в зонах где поверхность сложная и менее детальным там, где поверхность достаточно простая. В этом типе модели можно использовать все исходные данные, в соответствии с которыми строится триангуляционная сеть. То есть информация не теряется, и в этом случае можно с большей эффективностью и полнотой применять методы интерполяции. Линейные объекты, такие как дороги или потоки можно представить с достаточной точностью в виде ребер треугольников, составляющих модель местности.

Помимо очевидных преимуществ модели TIN имеют и свои недостатки. Их создание и пересчет достаточно трудоёмки. Стоимость получения качественных исходных может быть высокой, а их обработка требует больше времени и ресурсов, чем в случае GRIDов. GRID обычно используются в приложениях, где применяются региональные и мелкомасштабные представления, в то время как TINы - для более детального

крупномасштабного моделирования. Применение GRID рекомендуется, если пространственная точность исходных данных невысока, или если Вам не нужно точное представление линейных объектов типа дорог или потоков. Если исходные данные очень точны, и Вы хотите сохранить их точность, либо надо отображать линейные объекты - то разумней использовать модель TIN.

Возможно использование TGRID (triangulated grid) моделей, сочетающих в себе элементы моделей TIN и GRID. Такие модели имеют свои преимущества, например, позволяют использовать дополнительные данные для описания сложных форм рельефа (обрывы, скальные выступы).

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель работы

Создание ЦМР по тестовому набору данных с использованием ГИС SAGA. Взаимное сравнение ЦМР полученных различными методами путем построения горизонталей и с применением растрового калькулятора с использованием ГИС SAGA.

Ход выполнения работы

Установка и знакомство с ГИС SAGA

Для анализа данных, их обработки и построения различных поверхностей в работе будет использоваться ПО SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses).

Программа была разработана на кафедре физической географии факультета геологических наук и географии Гёттингенского Университета (Германия). В 2004 году проект был зарегистрирован на хостинге открытого ПО [SourceForge.net](http://sourceforge.net) , сейчас новая версия выходит минимум раз в год.

Официальный сайт программы для доступа к дистрибутиву - <http://saga-gis.sourceforge.net/en/>.

SAGA имеет достаточно удобный графический интерфейс (рис. 3.). Рабочее окно делится на пять основных областей. В верхней части расположено главное меню программы и соответствующая панель быстрого запуска команд. Слева в центральной части - окно Workspace для работы с данными и модулями, справа - окно Object Properties, которое отображает свойства активного объекта, в середине - главное окно Map для предоставления картографической информации. В нижней части расположено окно сообщений Messages, где

воспроизводится различная служебная информация и ведется учет ошибок.

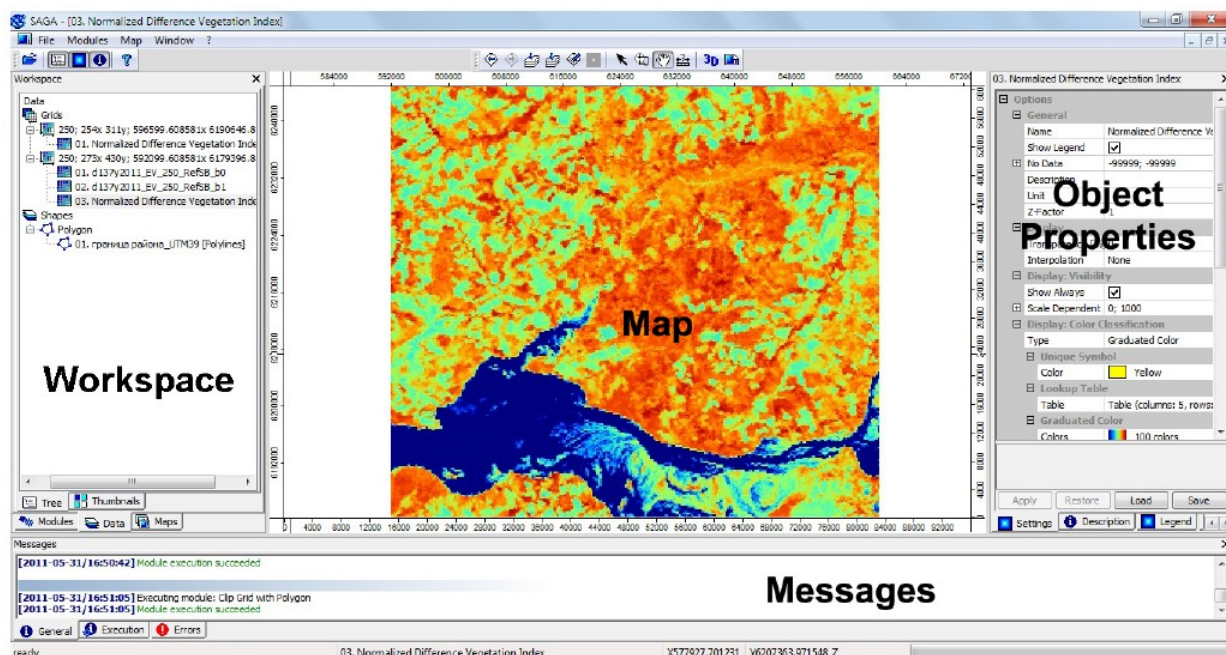


Рис. 3. Графический интерфейс ГИС SAGA

Во вкладке Data окна Workspace группируются данные, с которыми работает пользователь. Основными типами данных, которыми оперирует SAGA, являются векторные (shapes), растровые (grids), табличные (tables) и картографические (maps, layouts) данные.

Предоставляемые SAGA операции реализованы в виде отдельных модулей и сгруппированы в соответствии со своим функционально-тематическим предназначением, как динамические библиотеки. Модульная структура открывает большие возможности по модернизации и адаптации приложений. Большинство модулей выпущено под лицензией GPL, а их число постепенно увеличивается. Например, с дистрибутивом версии 2.1.0 от 2012 года поставляется более 500 модулей. В стандартный набор модулей SAGA входят: модуль сбора геостатистических данных, различные модули интерполяции, анализа и преобразований данных, симуляции естественных процессов и анализа ландшафтов. Кроме того, обладая навыками программирования на языке C++, с помощью которого была создана программа SAGA, можно неограниченно расширять возможности программы, добавляя собственные

модули или полностью модернизируя код программы. Все модули сгруппированы в библиотеке (Module Libraries) и доступны на вкладке Modules окна Workspace [8].

Для импорта и экспорта данных в программе имеется специальная группа модулей Import/Export. Файлы, на основе которых в данной работе будут вычисляться индексные изображения, имеют расширение tif и являются растровыми, в программе подобные файлы носят название - grid. В этом случае для импорта изображений удобно воспользоваться модулем GDAL: Import Raster, который содержится в библиотеке Import/Export - GDAL/OGR.

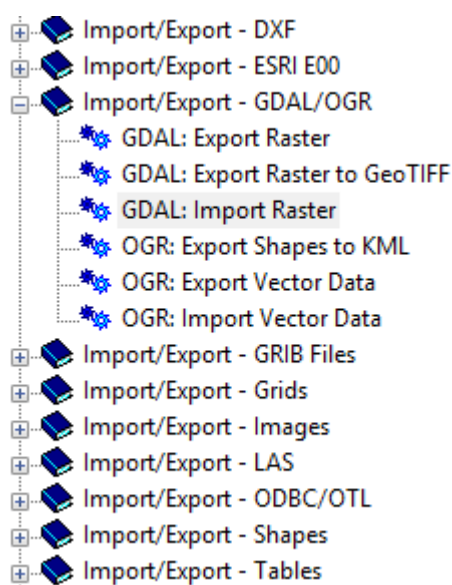


Рис. 4. Модули для импорта и экспорта данных в программе SAGA

После успешного импорта файлов мы можем приступить к вычислениям. С помощью модуля Grid Calculator, расположенного в библиотеке Grid - Calculus (Рис.16), возможно выполнять различные арифметические операции над растровыми изображениями. По умолчанию здесь определена формула вычисления индекса NDVI: $(g1 - g2)/(g1+g2)$, что является для нас достаточно удобным, поэтому дальнейшее вычисление индексных изображений планируется проводить посредством этого модуля.

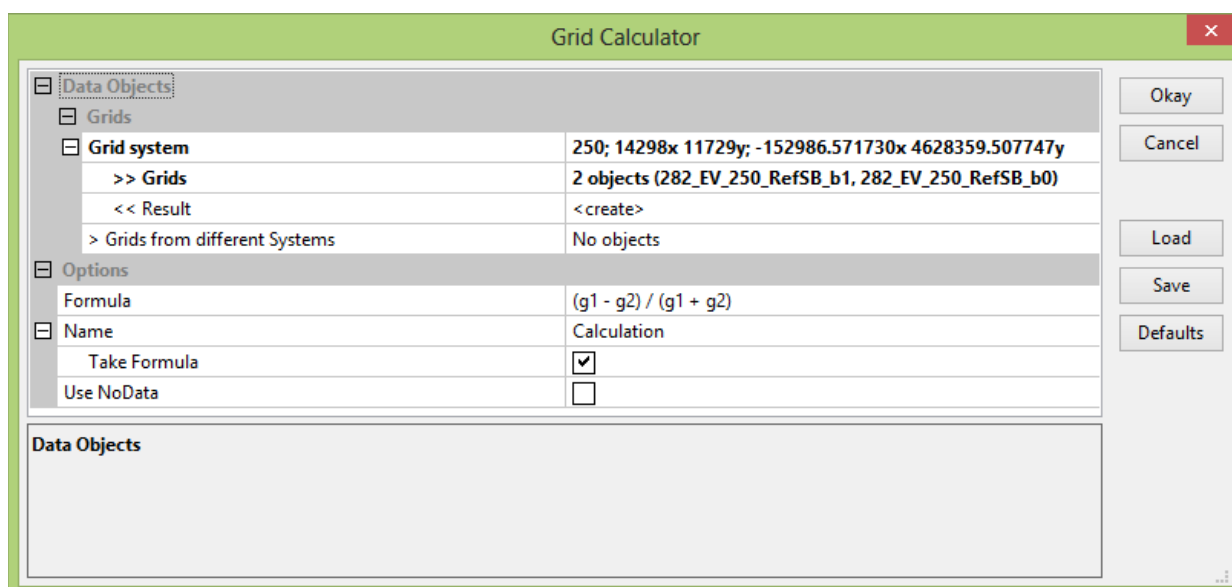


Рис. 5. Модуль Grid Calculator

В строке "Grid system" нужно определить набор слоев, в строке "Grid" - изображения в инфракрасной и красной области спектра, на основе которых будут проводиться вычисления. Результат может быть создан в виде нового grid-файла или перезаписи имеющегося в наборе слоев. Заполнив все необходимые поля мы получим карту индекса NDVI (Рис.17).

Импорт исходных данных

В качестве исходных данных используются данные воздушного лазерного сканирования. Файлы данных имеют расширение *"las"* и расположены в каталоге *Данные*. Для импорта и экспорта данных в программе имеется специальная группа модулей Import/Export-LAS, с функционалом которых необходимо ознакомиться самостоятельно. Выполнить импорт исходных данных и сохранить проект.

Построение ЦМР различными методами

Для построения ЦМР используются группа модулей Grid-Gridding, Grid-

Spline Interpolation, TIN-tools. С функционалом этих модулей необходимо ознакомиться самостоятельно. Выполнить построение GRID и TIN моделей используя различные алгоритмы и сохранить проект.

Содержание отчета

1. Описание алгоритмов одного из методов построения GRID моделей и TIN моделей.
2. Результаты взаимного сравнения моделей методом растровых вычислений, включая как графику так и таблицы.
3. Результаты взаимного сравнения моделей методом построения изолиний.
4. Файл проекта в формате ГИС SAGA.

ТЕМА 2. АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ С БОЛЬШИМИ ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

Теоретическая часть

Вы, наверное, представляете себе, что такое тайл, но давайте все же познакомимся с ним поближе. Тайл выглядит как картинка фиксированного размера. Причем нарисованная таким образом, что при сопоставлении с другими тайлами получается единое изображение без заметных “швов”. Легче всего представить тайлы как кафель, которым облицовывают стены или полы. Самый простой тайл — квадратное изображение, симметричное по вертикали и горизонтали. Если составить эти картинки друг с другом, то получится большое полотно. А если внести в эту живописную картину для разнообразия еще один вид тайла, скажем, изображающий дорогу, то можно уже составить примитивную карту. Предположим, что вы ознакомились со спецификацией Tile Map Service и решили создать собственный TMS-сервис. Спецификация предполагает, что у вас уже есть готовый набор тайлов или перечень необходимых настроек, согласно которому эти тайлы будут создаваться (см. раздел URL, являющиеся скриптами). Наиболее распространенной является ситуация, когда автор TMS-сервиса не только создаёт прослойку между готовым набором тайлов и клиентским приложением, но и отвечает за подготовку самих тайлов. В этом случае разработчик должен хорошо разбираться в вопросах, связанных с конфигурированием тайловых сеток. Даже если в его приложении тайлы создаются по запросу, то есть “на лету”, эти знания все равно крайне необходимы.

Параметры тайловой сетки. Проекция

Прежде всего важно определиться с проекцией, которая будет использоваться при отрисовке данных. Для этого необходимо ответить на

вопрос для каких целей будут предназначены ваши тайлы. Если вы хотите просто отображать свою карту поверх подложек, предоставляемых такими сервисами как OpenStreetMap или Google Maps, то вы должны использовать такую же проекцию, что и указанные сервисы, а именно EPSG:3857. Если же вы преследуете какие-то иные цели, например, желаете вычислять расстояния, измерять площади объектов на карте или планируете создать карту Антарктиды, то в этом случае вам необходимо выбрать наиболее подходящую для этих задач проекцию.

В качестве примера в данной статье мы будем конфигурировать тайловую сетку на территорию Алтайского края, поэтому для отрисовки данных будем использовать проекцию UTM зона 44 EPSG:32644, что в дальнейшем позволит нам осуществлять корректное измерение расстояний на полученной карте.

Параметры тайловой сетки. Охват

Следующий важный этап - это выбрать охват (ограничивающий прямоугольник), то есть ту область на которую будут генерироваться тайлы, вне ее тайлы не создаются. Параметры охвата Алтайского края получим на основе данных слоя административных границ набора Geosample. Для этого воспользуемся утилитой ogrinfo:

```
ogrinfo -sql "SELECT ST_Transform(the_geom, 32644) FROM admin WHERE name='Алтайский край'" PG:"host=gis-lab.info dbname=geosample user=guest password=guest" | grep Extent
```

В результате чего мы получим охват интересующей нас территории в единицах измерения системы координат проекции EPSG:32644 (minx, miny, maxx, maxy):

Extent: (287157.161574, 5613155.489664) - (920220.378205, 6045880.725611)

Параметры тайловой сетки. Масштабные уровни (разрешения)

После того, как мы определились с проекцией и охватом, необходимо разобраться с масштабными уровнями. Каждый масштабный уровень определяет разрешение с которым будет отрендерена карта на данном уровне, при этом количество таких уровней может быть произвольным. Величина разрешения, используемого на том или ином уровне также ничем не лимитирована. Разрешение показывает сколько единиц измерения координат исходных данных укладывается в одном пикселе отрендеренной карты. Таким образом в нашем случае (проекция UTM) единицы измерения разрешения - м/пиксел, в случае же работы с географическими системами координат это будут градус/пиксел.

Предположим, мы хотим предоставить доступ к нашим данным, отрендеренным с разрешениями R , равными 3000 и 1500 метров на пиксел. Посчитаем для этих разрешений размеры результирующей карты (w - ширина, h - высота):

3000 метров на пиксел

$$w = (\max x - \min x) / R = (920220 - 287157) / 3000 = 211 \text{ (пикселей)}$$

$$h = (\max y - \min y) / R = (6045880 - 5613155) / 3000 = 144 \text{ (пикселей)}$$

1500 метров на пиксел

$$w = (\max x - \min x) / R = (920220 - 287157) / 1500 = 422 \text{ (пикселей)}$$

$$h = (\max y - \min y) / R = (6045880 - 5613155) / 1500 = 288 \text{ (пикселей)}$$

Как уже было отмечено выше, разрешение z -го масштабного уровня может быть произвольным, однако на практике наиболее распространённым является случай, когда разрешение z -го уровня R_z в 2 раза выше разрешения предыдущего R_{z-1} :

$$R_z = \frac{R_{z-1}}{2}$$

Разрешение 0-го ($z = 0$) масштабного уровня может устанавливаться

произвольно, но опять же на практике широкое распространение получил следующий подход. Считается, что на нулевом уровне должно быть такое разрешение, которое бы позволило уместить карту целиком в один тайл. Чтобы его рассчитать, нам необходимо определиться с размерами тайла.

Параметры тайловой сетки. Размер тайла

Размер тайла (ширина и высота) определяет объём информации, передаваемой одним тайлом. Очевидно, что чем больше геометрические размеры тайла, тем больший объём дискового пространства он занимает и тем дольше он будет передаваться клиенту. Чем меньше размер тайла, тем он быстрее может быть доставлен клиенту, но при этом возрастает количество запросов с серверу, что в конечном итоге приводит к еще более длительному процессу получения тайлов. Экспериментальным путём было установлено, что наиболее эффективный размер тайла - 256x256 пикселей.

Вернёмся к нашей задаче определения разрешения 0-го уровня. Определим ширину (W) и высоту (H) карты в единицах измерения данных:

$$W = \max x - \min x = 920220 - 287157 = 633063 \text{ (м)}$$

$$H = \max y - \min y = 6045880 - 5613155 = 432725 \text{ (м)}$$

Тогда разрешение 0-го уровня можно вычислить так:

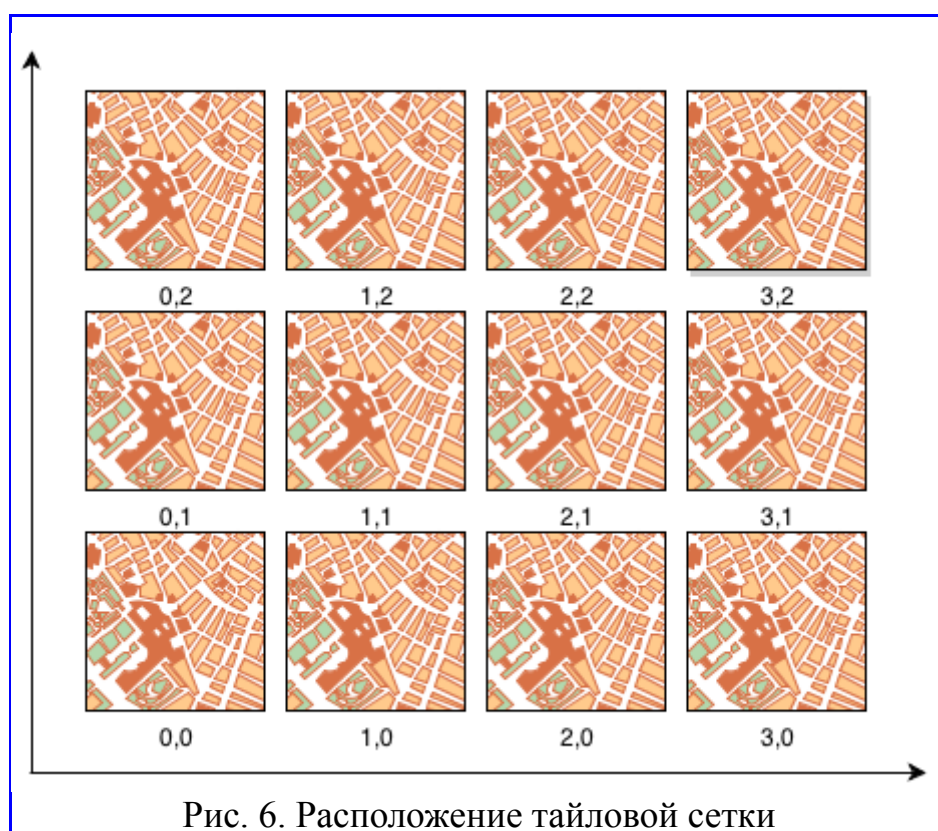
$$R_0 = \max(W, H) / 256 = 633063 / 256 = 2472 \text{ (м/пиксел)}$$

Можно записать общую формулу расчета разрешения z-го уровня карты размером WxH с размером тайла 256x256 с учётом того, что разрешение каждого последующего масштабного уровня в 2 раза выше предыдущего:

$$R_z = \frac{\max(W, H)}{256 \cdot 2^z}$$

Положение начала отсчёта тайловой сетки

Начало отсчёта тайловой сетки, задаваемое в единицах измерения исходных данных, определяет индексы тайлов, по которым они будут доступны. Согласно спецификации TMS начало отсчёта тайловой сетки может располагаться вне охвата карты. В этом случае тайл (0,0) может и не существовать, однако это достаточно экзотический случай. Наиболее распространённым является случай, когда начало отсчёта тайловой сетки совпадает с координатами левого нижнего угла охвата карты (minx , miny):



На Рис. 6. пример TMS-совместимой тайловой сетки: положение начала отсчёта совпадает с координатами левого нижнего угла охвата карты. Другой часто встречающийся случай (не согласующийся со спецификацией TMS) - это когда положение начала отсчета тайловой сетки помещается в левую верхнюю точку охвата карты (minx , maxy):

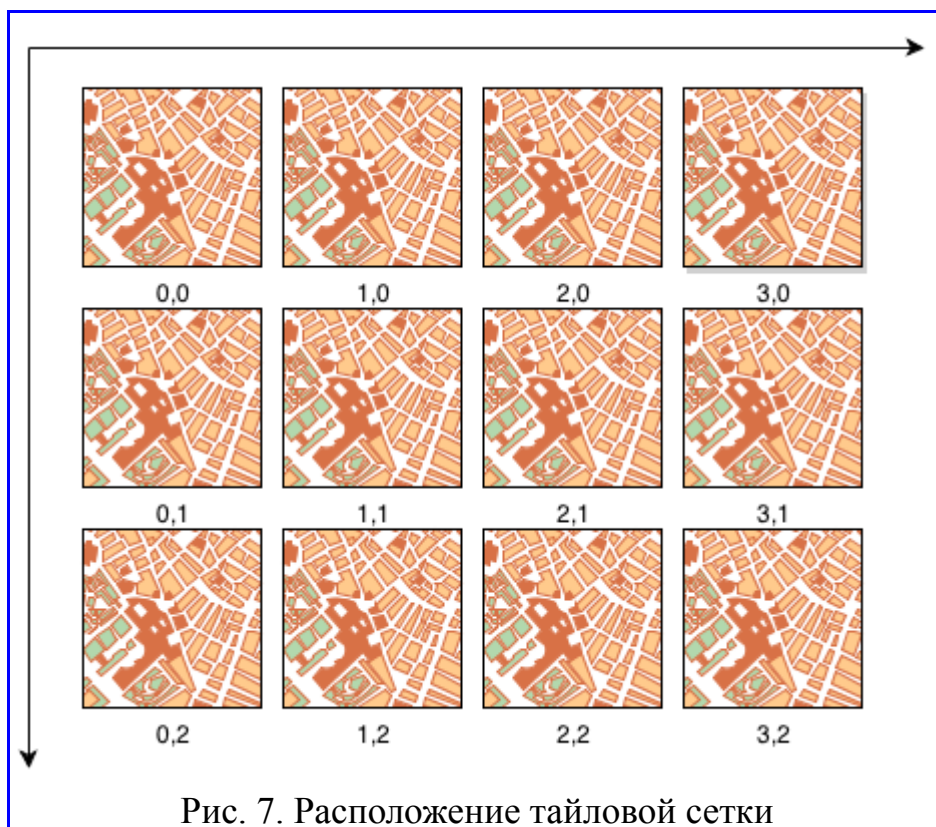


Рис. 7. Расположение тайловой сетки

На Рис. 7. пример TMS-несовместимой тайловой сетки: положение начала отсчёта помещается в левую верхнюю точку охвата карты (используется в Google Maps, OpenStreetMap).

Количество тайлов на различных масштабных уровнях

На основе вышесказанного можно легко оценить количество тайлов ($x*y$) на z -м масштабном уровне. Количество столбцов тайлов (x) определяется соотношением:

$$x = w/256 = W/(Rz*256)$$

Количество строк (y):

$$y = h/256 = H/(Rz*256)$$

Вычислим количество тайлов, например, на 7 масштабном уровне с учётом, что зависимость разрешения от номера уровня задана функцией, полученной в разделе **Масштабные уровни (разрешения)**:

$$R7 = \max(W,H)/(256 \cdot 2^z) = 633063/(256 \cdot 2^7) = 19.32$$

$$x = 633063/(19.32 \cdot 256) = 128$$

$$y = 432725/(19.32 \cdot 256) = 88$$

$$x \cdot y = 128 \cdot 88 = 11264$$

Проведём оценку количества тайлов на различных масштабных уровнях сервиса OpenStreetMap. Так как в OpenStreetMap тайлы рендерятся только до 18 уровня, то получаем, что на последнем уровне количество тайлов достигает отметки 68 миллиардов.

Подробнее о разрешениях

Строго говоря выражение "карта на таком-то масштабном уровне отрендерена с таким-то разрешением" в общем случае имеет слабую связь с реальными размерами элементов изображения на местности из-за непостоянства размеров вносимого проекционными искажениями.

Изменение формы обусловлено выбранной проекцией - так в проекции Меркатора размеры элемента изображения карты не являются постоянными на местности. Линейные размеры увеличиваются от экватора к полюсам как обратный косинус широты (Проекция Меркатора). Таким образом, мы получаем, что пиксеты даже в рамках одного тайла могут иметь различный размер. В общем случае линейные размеры пиксела - это функция от его географических координат (lat, lon) и масштабного уровня:

$$R_z = f(lat, lon) \frac{\max(W, H)}{256 \cdot 2^z}$$

В случае проекции Меркатора $f(lat, lon) = \cos(lat)$. С учётом этого выражение для вычисления разрешения принимает вид:

$$R_z = \cos(lat) \frac{\max(W, H)}{256 \cdot 2^z}$$

Получается, что в сервисах, использующих проекцию Меркатора разрешение в

области 60 широты в 2 раза выше разрешения на экваторе (в одном пикселе отрендеренной карты укладывается меньше единиц измерения координат исходных данных) и соответствует действительности как раз на экваторе.

Тогда что-же мы подразумевали, говоря "разрешение z-го масштабного уровня"? Это ни что иное как некоторая абстрактная величина, имеющая размерность разрешения, которую удобно использовать для расчёта общего количества и координат тайлов. Если же мы хотим осуществлять измерения по нашей карте, то мы должны обязательно учитывать зависимость разрешения от географических координат. Выбрав в самом начале статьи проекцию UTM для рендеринга и заявив, что это "позволит нам осуществлять корректное измерение расстояний на полученной карте", мы обеспечили постоянство разрешения карты в пределах масштабного уровня, то есть независимость от географических координат: $f(lat,lon) = 1$.

Понятие экранного масштаба карты

Экранный масштаб карты (S) показывает сколько единиц измерения на местности укладывается в единицу измерения карты на экране монитора и равен произведению разрешения карты на разрешение экрана (dots per inch, DPI) и на количество единиц карты в одной единице измерения разрешения экрана (inches per map unit, IPMU):

$$S_z = R_z \cdot DPI \cdot IPMU$$

Как было показано выше - разные области карты могут иметь различное разрешение, а, следовательно, и масштаб.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель работы

Изучение алгоритма и создание тайлового набора данных для геопривязанного изображения.

Ход выполнения работы

Установка и знакомство с ГИС Quantum GIS

QGIS – свободно распространяемая геоинформационная система с открытым кодом. Работа над QGIS была начата группой специалистов в мае 2002 года, а в июне того же года – создан проект на площадке SourceForge, работа над которым продолжается по сегодняшний день. Продукт выпускается на условиях лицензии GNU General Public License (GPL).

Цель создания была сделать ГИС доступным любому, а так же сделать использование геоинформационных систем легким и понятным для пользователя. В настоящее время QGIS работает на большинстве платформ: Unix, Windows, OS X. Программа разработана с использованием инструментария Qt и языка программирования C++. Это означает, что QGIS легка в использовании, имеет приятный и простой графический интерфейс: имеется рабочая панель включающая часто используемые функции, остальные модули и функции находятся в верхнем выплывающем меню. Программа работает с большим набором расширений растровых изображений, базами данных, а так же позволяет импортировать файлы с расширением .kml, разработанных для представления трёхмерных геопространственных данных в программе «Google Планета Земля».

В данной программе можно анализировать векторные пространственные данные в PostgreSQL/PostGIS и других форматах, поддерживаемых OGR, используя модуль fTools, написанный на языке программирования Python. В настоящее время QGIS предоставляет возможность использовать инструменты анализа, выборки, геопроецирования, управления геометрией и базами данных. Также можно использовать интегрированные инструменты GRASS, которые включают в себя функциональность более чем 300 модулей ГИС GRASS.

Установка плагина Qtiles

Назначение инструмента — автоматизация создания многоуровневого кэша тайловых фрагментов в соответствии со спецификацией Slippy Map пригодных для загрузки в том числе в мобильные устройства. Расширение доступно из официального репозитория. Модуль Qtiles разработан для QGIS 1.9.0 или старше, для своей работы не требует наличия дополнительных модулей. Исходный код модуля (лицензия GNU GPL v2) на Python можно получить на GitHub или выполнив команду:

```
git clone https://github.com/nextgis/Qtiles
```

Исходный код модуля (лицензия GNU GPL v2) на C++ (экспериментальный, отличается от кода выше, не поддерживается) можно получить, выполнив команду:

```
svn co http://svn.gis-lab.info/tilemap tilemap
```

Если у вас не получается найти модуль, ознакомьтесь с руководством по установке модулей QGIS.

Работа с плагином Qtiles

После подключения и запуска расширения с помощью кнопки



появится главное окно (рис.8).

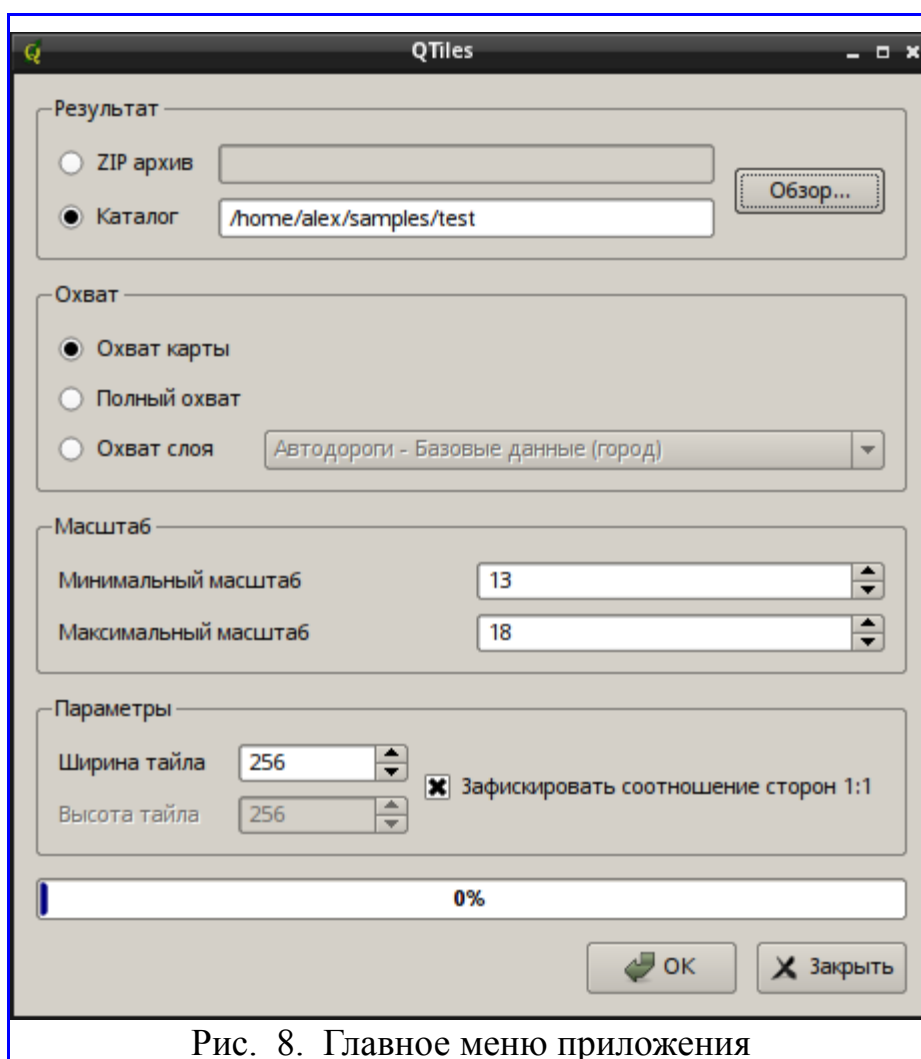


Рис. 8. Главное меню приложения

Группа «Результат» позволяет указать в каком виде необходимо получить тайлы: в виде дерева файлов и каталогов или в виде ZIP-архива. Сами тайлы в любом случае сохраняются в формате PNG.

В группе «Охват» задается желаемый географический охват карты. Возможен выбор одного из трех вариантов:

- Охват карты — используется текущий охват окна карты
- Полный охват — будет использован суммарный охват всех загруженных в проект слоёв
- Охват слоя — охват итоговой карты будет равен охвату указанного слоя

Группа «Масштаб» позволяет задать диапазон масштабов, для которых будут созданы тайлы. В большинстве случаев, максимального масштаба 18

достаточно, но модуль может генерировать тайлы и для более «глубоких» уровней. «Глубина» зависит от детализации карты на определенных масштабах. В группе «Параметры» задаётся размер тайлов. Допустимый диапазон составляет 128 - 2048 пикселей. Процесс генерации тайлов запускается нажатием на кнопку «ОК», прервать его можно нажав на кнопку «Отмена».

Создание геопривязанного изображения в QGIS

В качестве рабочих данных необходимо использовать аэрофотоснимки находящиеся в папке Данные/Image. Снимки имеют расширение jpeg. Также необходимо обратить внимание на наличие файлов геопривязки с расширением jgw для каждого снимка. С процессом загрузки растровых изображений в QGIS необходимо ознакомиться в справке системы или [здесь http://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/user_manual/working_with_raster/supported_data.html#loading-raster-data-in-qg](http://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/user_manual/working_with_raster/supported_data.html#loading-raster-data-in-qg).

Содержание отчета

1. Описание алгоритмов создание пирамид и иерархических структур тайлов.
2. Набор тайлов с описанием структурной схемы или иерархии для конкретного примера.
3. Демонстрация работоспособности данных на примере приложений поддерживающих работу с тайлами
4. Файл проекта в формате ГИС QGIS.

ТЕМА 3. ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ВЕБ-СЕРВИСОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ, ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Теоретическая часть

Введение

В последние годы развитие интернет-технологий все в большей степени стало позволять пользователям Сети использовать новые средства доставки информации, в том числе и пространственной. В этой статье мы попробуем дать срез современных технологий используемых в веб-картографии, сделать небольшой экскурс в историю и оценить текущую ситуации с основными игроками, данными, перспективами технологии. Мы не ставим себе целью подробно описать все упоминаемые технологий, и заинтересованным читателям рекомендуем воспользоваться веб, особенно его англоязычной частью, для получения дополнительных данных.

Определение и задачи веб-картографии

Для начала, определимся с тем, о чем пойдет речь. Веб-картография это область компьютерных технологий связанная с доставкой пространственных данных конечному пользователю. Мы используем приставку веб для удобства, в качестве среды могут использоваться любые сети, не только интернет. Безусловно, веб-картография является одним из направлений геоинформационных технологий в целом. Как это часто бывает при переводе и адаптации нового термина, прямого аналога устоявшемуся в России словосочетанию "веб-гис" в англоязычных источниках найти не удастся и читатель гораздо чаще встретит такой термин как web mapping services (картографические веб-сервисы). Но далее по тексту, для краткости и во избежание недоразумений, мы будем использовать термин веб-картография, так

же, упоминая «данные» мы будем иметь в виду пространственные данные, то есть данные включающие координатную составляющую, привязывающую их к определенному месту на нашей планете. Основными задачи веб-картографии являются:

- Визуализация существующей информации – пространственное представление информации
- Облегчение работы с пространственной информацией в веб, поиск, прокладка маршрутов и другие услуги основанные на местоположении объектов (LBS – location based services).

История веб-картографии

Несмотря на то, что для большинства пользователей Интернет «рождение» веб-картографии (да и в целом, широкое осознание возможностей пространственных технологий) напрямую ассоциируется с выходом на рынок продуктов компании Google в 2005, в реальности, картографические интернет-приложения появились значительно раньше. Фактически, датой рождения веб-картографии можно считать 1993, когда впервые был запущен веб-сервис [Xerox PARC Map Viewer](#), позволявший пользователям в интерактивном режиме отправлять запросы из браузера к серверу и получать фрагменты карт в формате GIF. Именно это приложение и его функциональная концепция стала родоначальником большинства более поздних версий веб-гис.

На ранних этапах становления веб-картографии (до 1998 года) отличительной особенностью большинства сервисов была их локальность и узкая тематическая направленность, что серьезно ограничивало круг потенциальных пользователей таких сервисов. Один из первых решительных шагов по популяризации веб-гис был сделан в 1998 году в Великобритании, когда был запущен сайт (успешно работающий и до сих пор)

www.streetmap.co.uk. Этот сервис, в отличие от своих предшественников, не был ориентирован на визуализацию локального участка земной поверхности и насыщение ее узкотематической информацией. Напротив, создатели сервиса пошли иным путем – они выложили простейшую топографическую информацию, но покрыли всю территорию Великобритании. Именно этот подход и предопределил бешеную популярность сервиса: тысячи людей могли без особого труда определить месторасположение торгового центра, дома и любого другого объекта, зная всего лишь его почтовый индекс, а затем послать готовую схему проезда на печать. 1998 год также ознаменовывается появлением специального «out of the box» программного обеспечения, позволяющего любому пользователю сети создавать собственные веб-гис – Mapserver. Примерно в это же время, четкое понимание перспектив веб приводит к тому, что крупные компании производители ПО ГИС (ESRI, Intergraph) принимают решение о разработке специальных коммерческих приложений для создания специального ПО для веб-гис. Однако, в силу ограниченной пропускной способности мало кто мог представить до каких масштабов может разрастись веб-картография.

Переломным моментом стал 2005 год, когда компания Google практически одновременно запустила два глобальных картографических сервиса – Google-Maps и Google-Earth. Ключевым словом в предыдущем предложении является слово «глобальный» - так как ни один из запущенных ранее сервисов не мог похвастаться столь «широкой» географией. Кроме того, был использован принципиально новый подход в организации самого сервиса: вместо классического подхода, в котором пользователь посылает запрос на сервер, ждет обработки и получает обратно сгенерированную «на лету» картинку, все данные были подготовлены и обработаны заранее, что в сочетании с технологиями AJAX, позволило добиться необычно быстрой работы с картами и «бесшовности» данных при навигации.

Последующие три года (до настоящего времени) характеризуются

поистине колоссальным интересом к веб-картографии и ее возможностям в целом, а также значительным ростом числа сервисов в той или иной форме использующих картографические веб-технологии. Наиболее важными тенденциями, наблюдаемыми в последние полтора-два года, являются появление большого числа бесплатных проектов реализующих концепцию предоставления предобработанных данных; увеличение возможностей персонификации сервисов; возможности по интеграции собственных данных с существующими сервисами; глобальность сервисов; все большая интеграция таких служб в повседневную жизнь.

Основные виды приложений имеющих отношение к веб-картографии

Разнообразие современных механизмов для создание веб-картографических приложений велико. Попробуем дать простейшую классификацию существующим инструментам разработки таких веб-приложений. Конечно, в силу того, что каждый производитель стремится разработать как можно более комплексное средство, включающее технологии создания, визуализации и публикации данных в интернет, предложенная нами классификация может считаться довольно условной, тем не менее, она позволит читателю сориентироваться в океане существующих решений и предложений.

- Виртуальные глобусы (Google Maps, Google Earth, Virtual Earth, ArcGIS Explorer) – простое и эффективное средство быстрого создания и публикации данных в интернет. Эта категория инструментов характеризуется массовым распространением и быстрая доставка данных пользователям. Могут использовать в качестве клиента как веб-браузер, так и отдельное приложение. Как правило включают доступ по умолчанию к некой «подложке» – базе данных, что является одновременно их большим плюсом и не меньшим минусом, так как сменить эту подложку в большинстве случаев нельзя. Так же, как

правило, этим инструментам свойственны проблемы при работе с большими объемами пользовательских данных, настраиваемостью, элементарным анализом (обрезка, пересечение слоев данных).

- Пользовательские ГИС (ArcGIS, Mapinfo, QGIS, gvSIG) – большая и сложная категория тесно связанная с веб-картографией. Как правило, пользовательские ГИС, с одной стороны, играют роль клиентов работающих с данными поставляемых картографическими веб-серверами (как правило по WxS, см. ниже), и с другой, в них осуществляется массовая подготовка и анализ данных перед публикацией их в веб.
- Картографические веб-сервера (MapServer, GeoServer, OpenLayers и др.) – целое семейство продуктов свободного и проприетарного характера, предназначенных для быстрой публикация пользовательских данных в веб. Эти инструменты позволяют создать интерфейс нужной сложности, интегрировать сервис с базой данных, поддерживающей классы пространственных данных (PostgreSQL, SQL Server, MySQL, ArcSDE). Главное отличие подобных систем от Google Maps является полный контроль над программным обеспечением и самими данными, однако взамен приходится расплачиваться большей сложностью установки и настройки, часто требующей хотя бы начальных знаний языков программирования (javascript, php) и основ администрирования.

Особый тип инструментов, появляющихся совсем недавно – пользовательские ГИС интегрированные с виртуальными глобусами, которые играют роль одного из способов представления данных. Примером подобного приложения является расширение для ArcGIS разработанное Brian Flood и позволяющее интегрировать его с Virtual Earth (рис. 8).

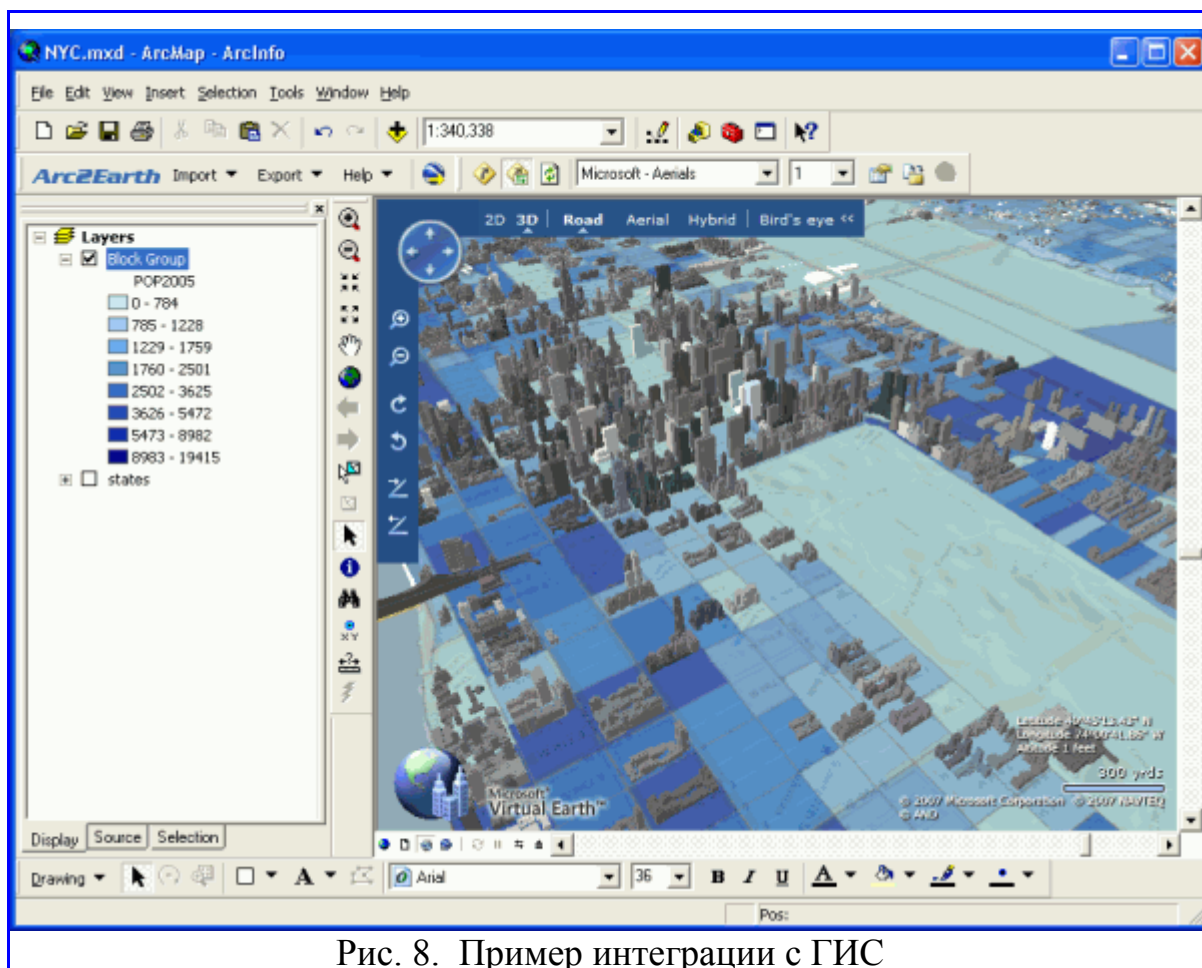


Рис. 8. Пример интеграции с ГИС

Основные игроки рынка веб-картографии

Скорость внедрения ГИС в Интернет, как и развитие компьютерных технологий в целом, является достаточно бесконтрольным процессом. В тоже время, в геоинформационном сообществе существует целый ряд ключевых организаций - "законодателей мод" - которые различными методами регулируют деятельность разработчиков. Наиболее удобным способом такого "контроля" в современном сообществе становится внедрение и продвижение определенных стандартов, протоколов и RFC разработки. Разберемся, какие типы организаций присутствуют на рынке веб-гис, приведем краткую классификацию с примерами активных представителей:

Ассоциации и регулирующие организации: OGC (Open Geospatial Consortium, <http://www.opengeospatial.org>) – некоммерческая организация занимающаяся поддержкой и продвижением стандартов и архитектур связанных с пространственными данными (например серии WxS). Членами консорциума являются все более-менее значительные компании чья деятельность связана с пространственными данными. В стратегическую категорию членов организации входят USGS, NASA, NGA, главными членами являются ESRI, Google, Microsoft и другие (см. более подробную информацию в разделе стандарты).

Opensource группы: OSGeo – так же некоммерческая организация, созданная специально для поддержки проектов с открытым кодом, как правило поддерживающихся открытыми сообществами специалистов. Проекты проходящие инкубацию в OSGeo получают и место в совете организации. Президентом организации является Frank Warmerdam, создатель и один из основных авторов GDAL\OGR.

Профессиональные ГИС: ESRI – корпорация специализирующаяся на ГИС и до недавних пор не имевшая особенных конкурентов. Последнее время ESRI активно пытается усилить свои пошатнувшиеся позиции на рынке веб-картографии, развивая ArcGIS Server. Несмотря на наличие на рынке и других игроков (Mapinfo, Autodesk), фактически является стандартом де-факто.

Интернет-гиганты: Google и соратники – группа компаний (включающая так же Microsoft, Yahoo и Yandex) рассматривающая веб-картографические проекты как один из способов размещения рекламы и активно развивающих онлайн присутствие. В основном популярность достигается за счет предоставления широкому кругу пользователей доступа к ранее недоступным базам данных космической съемки высоко разрешения и сопутствующих технологий маршрутизации и поиска.

Генераторы данных: поставщики пространственных данных, как правило

коммерческих, например цифровой картографической информации (Navteq/Teleatlas), спутниковых данных (GeoEye, DigitalGlobe). Последнее время в этом секторе появляются и не коммерческие участники (OpenStreetMap).

Стандарты в веб-картографии

В настоящее время общие принципы и стандарты в области разработки программного обеспечения, предоставляющего картографические веб-сервисы, разрабатываются и декларируются международной некоммерческой организацией Open GIS consortium (OGC, <http://www.opengeospatial.org>). OGC была основана 25 сентября 1994 года и на момент создания включала только 8 членов. С 1992 по 2004 год их число возросло с 8 до 250, и на сегодняшний день в OGC представлены наиболее крупные коммерческие, академические и государственные организации занимающиеся разработкой или исследованиями в области развития и разработки геоинформационного или IT ПО (в том числе такие крупнейшие корпорации как Boeing, Oracle, ESRI, MapInfo, Intergraph, Google (членство с весны 2006 года) и многие другие).

Во многом деятельность OGC в области геоинформационных систем можно сравнить с деятельностью W3C по стандартизации процессов и технологий во всемирной сети. Так, одной из первых разработок OGC были стандарты созданию GML – Geography Markup Language – языка группы XML, предназначенного для описания географически привязанных объектов. GML может быть использован и как язык моделирования, и как язык передачи пространственной информации в сети.

Спецификации OGC предлагают следующие типы картографических web-сервисов:

- Web Map Service (<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>)

- определяет параметры запроса и предоставления картографической (пространственной) информации в виде графического изображения или набора объектов;
- описывает условия получения и предоставления информации о содержимом карты (например, свойства объекта в определенном месте на карте);
- характеризует условия получения и предоставления информации о возможностях сервера по представлению различных типов картографической информации.
- Web Feature Service (<http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>)
 - определяет условия получения и обновления пространственно привязанной информации клиентской частью приложения с использованием Geography Markup Language (GML);
 - описывает стандартный интерфейс доступа к и манипуляции с географическими объектами с помощью HTTP-протокола.
- Web Coverage Service (<http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>)
 - расширяет возможности WMS для предоставления растровой географической информации;
 - в отличие от WMS, coverage service разрабатывается для представления свойств и значений в каждой конкретной точке географического пространства, а не на создание готовых картинок, а также позволяет проводить интерпретацию данных не на сервере, а на клиентской части приложения.

Однако, рост популярности картографических веб-сервисов порождает все большее число различных модификаций существующих языков и стандартов передачи пространственных данных. В связи с этим мы можем предположить, что уже в ближайшем будущем OGC придется включить в сферу своих интересов рассмотрение и "узаконивание" "доморощенных" языков программирования, форматов передачи данных и стандартов их описывающих.

Данные и проблемы с ними связанные

Основой всего являются данные и то, насколько большой аудиторией обладает тот или иной проект определяется в большой степени их количеством и детальностью. Правила игры просты, чем больше данных вы можете показать конечному пользователю и чем удобнее будет к ним доступ, тем больше вы сможете показать сопутствующей рекламы и в конечном итоге заработать денег. Современные средства позволяют создавать данные быстро и в большом количестве. Разумеется, времена, когда карты дорог были достоянием отдельных групп уходят в прошлое, однако с появлением данных появляется и ряд новых проблем. Остановимся на некоторых из них:

Открытость vs закрытость

Развитие концепции открытости, как и многие другие процессы в современном компьютерном мире, получившие развитие благодаря развитию интернет, не обошло стороной и пространственные данные. Как и в случае программного обеспечения, открытые базы пространственных данных противопоставили себя крупным корпорациям вкладывающим большое количество ресурсов в системы сбора данных и имеющих обыкновение продавать одни и те же наборы по несколько раз. В современном мире, идея о том, что данные об улицах по которым я хожу не принадлежат общественности, рано или поздно должна была показаться кому-то неправильной, что и случилось – появился OpenStreetMap. Каждый кто имеет GPS, может пройти по знакомым ему улицам и отправить результат в общую базу данных, где не только конкретная репрезентация но и исходные, пространственные данные доступны любому пользователю. Данный процесс получил название краудсорсинга (crowdsourcing) и приобрел поистине широкие масштабы, за полтора года существования проекта OpenStreetMap количество

зарегистрированных пользователей перевалило за 45 000. Интересно, что подобные «ключи» к общественности пытаются подбирать и коммерческие компании, активно использующие краудсорсинг для исправления ошибок в своих картах (неправда ли, похоже на сваливание на пользователей ловли ошибок в ПО). Корпорация Google, более года использующая систему участия, при которой вы можете исправить ошибки геокодинга, сделала следующий шаг в этом направлении и представила систему MapMaker (рис. 9.), фактически дублирующую OpenStreetMap. Конечно, это не могло не вызвать бурю раздражения в мире opensource геоданных, ведь результат вашей работы фактически принадлежит Google! Это выглядит тем более странно, учитывая, что Google поддерживал первую конференцию OpenStreetMap. На фоне этих событий, действия другого гиганта Yahoo выглядят куда более логичными. В 2006 г. Yahoo разрешил использовать свои данные высокого разрешения для оцифровки дорожной сети и других объектов и размещения результатов в открытом пользовании в базе OpenStreetMap. Что означает, что включиться в работу над общей картой теперь может любой, не выходя из дома.

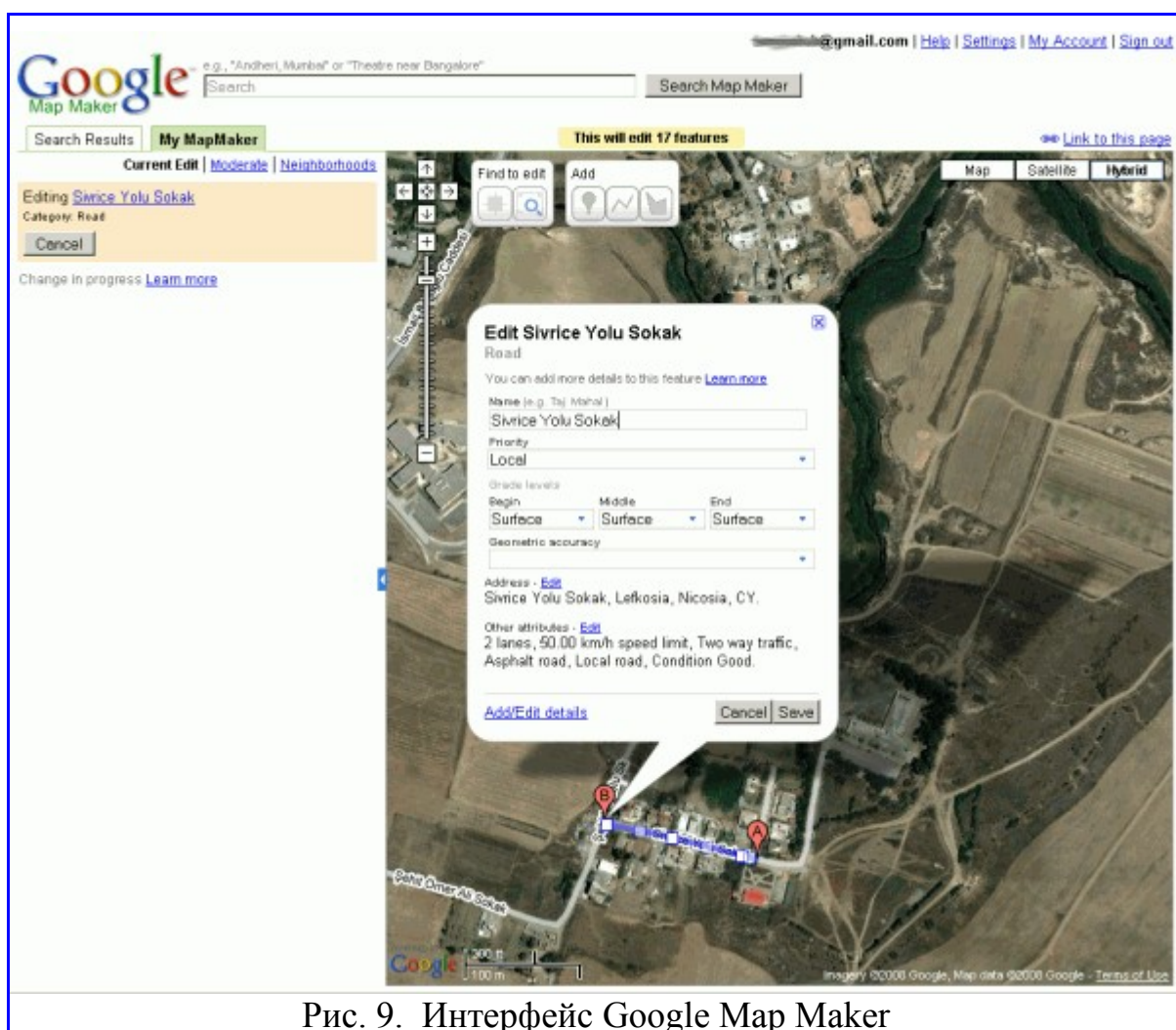


Рис. 9. Интерфейс Google Map Maker

Качество публикуемых данных

Один из наиболее частых вопросов, посещающих нас при изучении Интернет-ресурсов это то, насколько представленная информация корректна. Степень неуверенности возрастает, как только мы переходим от уровня простого любопытства к использованию данных для решения профессиональных задач. Могу ли я быть уверен в том, что авторы ресурса проверили опубликованную информацию? откуда она появилась? в какой степени я могу ей доверять? И хотя сейчас немногие пользователи сети Интернет задумываются об источниках пространственной информации и качестве картографических данных, мы ожидаем, что уже в недалеком будущем,

их постигнет глубокое разочарование: лишь немногие ресурсы могут похвастаться достойными данными. Уже сейчас в сети можно встретить анекдотические упоминания об успешно проложенных "кратчайших" маршрутах проезда или даже элементарной дезинформации при публикации устаревших картографических материалов.

Один из наиболее приемлемых вариантов оценки качества публикуемых данных – создание метаданных (данных о самих данных), где помимо специальной географической и описательной информации, указывались бы такие характеристики как точность, качество, надежность. Однако, смысловая "относительность" перечисленных характеристик, с одной стороны, а также многообразие стандартов метаданных, сложность их получения в автоматическом режиме (и как следствие трудоемкость процесса их создания), и, особенно, возможная субъективность при описании качества данных, с другой, не позволяют в полной мере решить проблему оценки качества публикуемых материалов. В 2007 Open Geospatial Consortium Data Quality Working Group (WG) (<http://www.opengeospatial.org>), осознавая трудности связанные с разработкой универсального стандарта метаданных (последняя версия стандарта - ссылка) предпринял уникальную попытку по обобщению опыта, знаний и экспертных мнений в области оценки качества пространственных данных. Более чем 2000 специалистам в области ГИС и ДЗЗ по всему миру было предложено заполнить специальную анкету (http://www.surveymonkey.com/s.aspxsm=_2ffWZCQbm2ugKS_2fW8A0MWIQ_3d_3d) и изложить в достаточно свободной форме то, какие параметры могут быть использованы для оценки пространственной информации и каким образом, эта оценка может быть описана в метаданных. Некоторые попытки по совершенствованию механизмов описания качества данных были предприняты и такими инициативными группами GSDI Association, CGIAR, INSPIRE. Тем не менее, до сих пор, метаданные являются абсолютно добровольным элементом подготовки и распространения данных, большинство компаний в последнюю

очередь приходят к пониманию важности документирования состояния данных и ситуация в целом остается довольно-таки печальной: пользователь чаще всего не знает ничего о качестве используемых данных.

Авторские права и правовые аспекты распространения и публикации данных

Авторские права, пожалуй, одна из наиболее болезненных точек современного веб-сообщества, и эта "болезненность" не обошла и пространственные данные. В настоящее время, законодательство в области их распространения настолько фрагментарно и локально, что фактически большинству компаний приходится действовать по принципу "все или ничего": либо данные хранятся за семью замками в серверной доступной по внутренней сети ограниченному числу сотрудников компании, либо данные публикуются в сети и дальше уследить за их судьбой становится очень сложно, или, чаще - практически невозможно. В связи с этим, большинство компаний следуют принципу "ничего" и просто не публикуют свои данные.

Более того, растет число картографических веб-сервисов позволяющих 1) объединять слои данных из различных источников 2) модифицировать сами данные 3) создавать собственные данные на основе опубликованных - и для каждого случая необходимо определить правообладателя и особенности дальнейшего распространения и использования информации. К настоящему моменту, ни один из перечисленных случаев юридически не урегулирован, что часто вызывает мощный поток негодования со стороны поставщиков данных. Интересный анализ данной проблемы и возможное решение предложено Н. J. Onsurd(www.sli.unimelb.edu.au/research/SDI_research/Presentations/CommonsAndMarketMelbourne.ppt). Основная идея сводится к созданию единой системы (peer-to-peer) хранения, добавления и доступа к данным с использованием Open Access Licenses (аналог GNU для ПО).

Перспективы

У веб-картографии, в широком понимании этого слова масса перспективных технологий, остановимся на некоторых из них. Помимо простой визуализации и создания данных, пожалуй самым новым аспектом работы с пространственными данными является перенос в веб собственно их обработки и анализа. Это становится возможным благодаря мощному развитию инструментария легко размещаемого на веб-серверах, как открытого GDAL, PROJ, GeoTools, FDO, так и проприетарного ArcGIS Server.

Cloud Processing

Развитие арендуемой системы распределенной обработки E2/E3 Amazon AWS («облако») предоставляет интересные перспективы всем технологиям связанным с большими объемами данных. Amazon в данном случае выступает с инициативой отличной от привычного уже подхода других членов большой четверки (Google, Amazon, Microsoft, Yahoo) сосредоточившихся на доставке графических данных конечному пользователю (ссылка?). Использует «облако» E2-E3 и WeoGeo - передовой сервис распространения самих пространственных данных, исходные «реальные» данные дистанционного зондирования могут занимать терабайты и предоставление подобного сервиса требует использование мощностей Amazon WMS. WeoGeo одна из первых компаний начавшая использовать их применительно к пространственным данным. Буквально на днях стало известно, что туда же, в «облако» с помощью опыта WeoGeo переходит и Spatial ETL (разработка компании Safe Software), что означает распределение нагрузок не только на доставку но и конвертацию огромных массивов данных. Другой интересной, но пока еще не

использованной технологией параллельных вычислений, являются системы подобные Digipede или opensource системе распределенной обработки Hadoop, схема которой приведена на рис. 10.

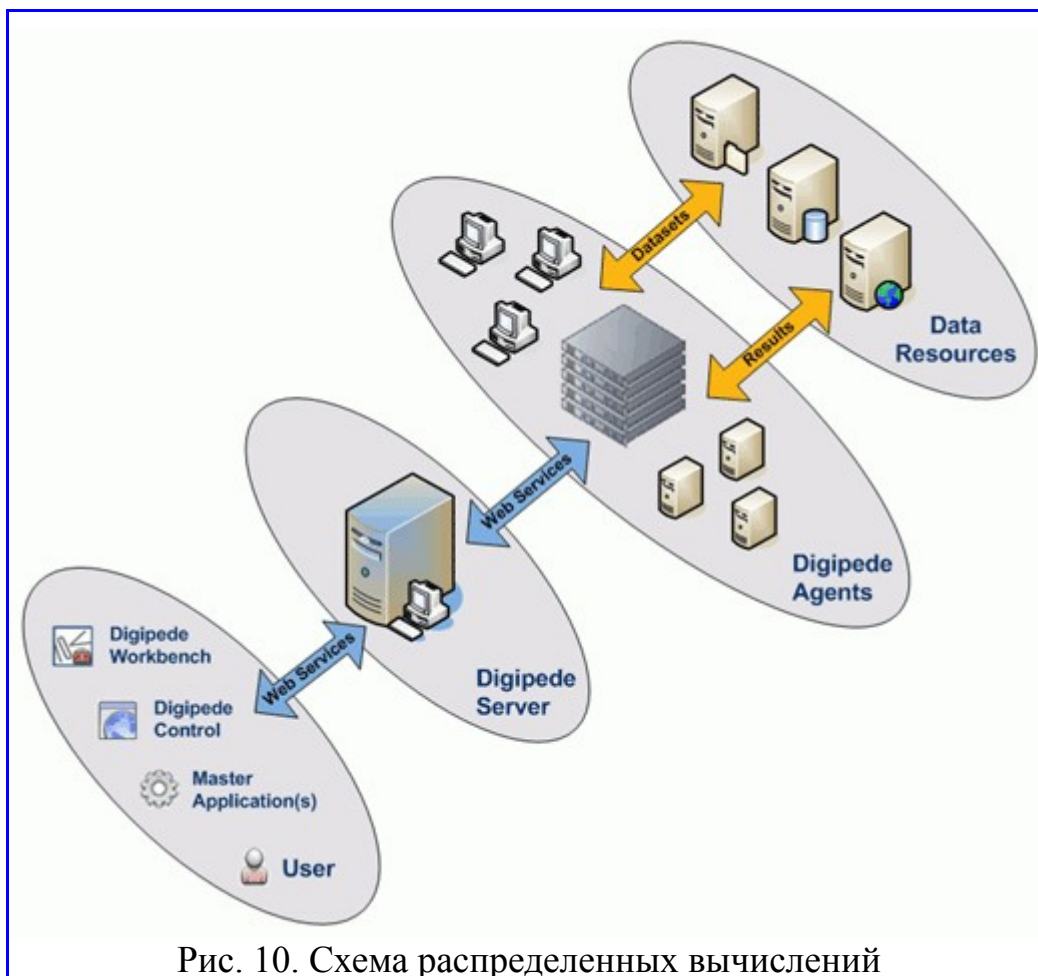


Рис. 10. Схема распределенных вычислений

Анализ данных

Анализ пространственных данных нужен не только большим компаниям, но и конечному пользователю для решения повседневных задач. Современные средства позволяют публиковать в веб не только данные или их представление, но и отдельные аналитические операции. Например, имея модель процесса построенную с помощью ArcGIS, ее можно опубликовать с помощью ArcGIS Server и использовать в ArcGIS Explorer (рис. 11.) для обработки данных прямо

в веб. Простой пример – вы велосипедист и хотите проложить оптимальный маршрут с учетом рельефа по пересеченной местности, другой пример вы домовладелец и ваш дом расположен рядом с рекой, вы хотите знать как разольется река при увеличении ее уровня на N метров. В последнее время появляются и opensource средства анализа данных, например WPServer (от создателей OpenLayers).

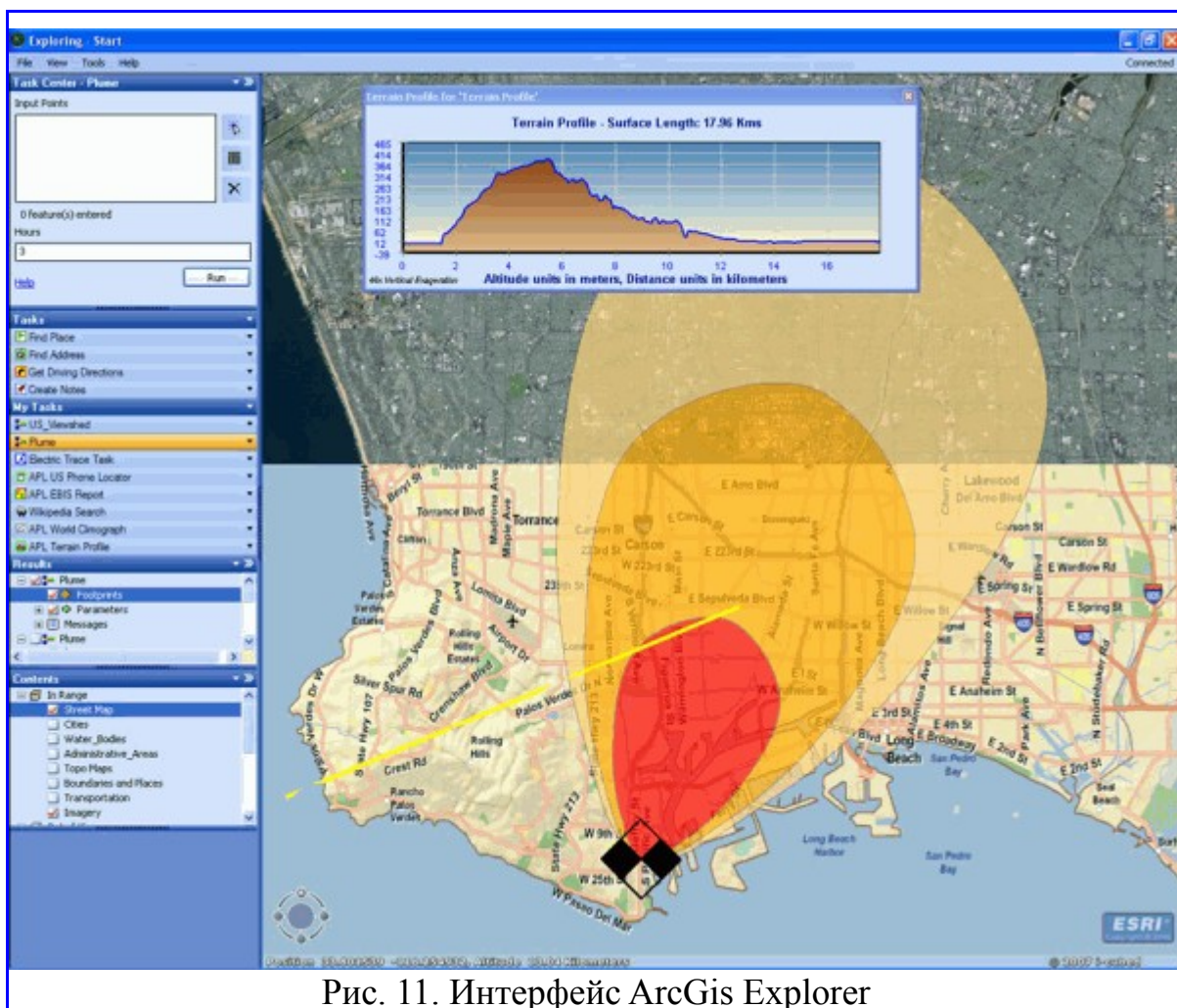


Рис. 11. Интерфейс ArcGis Explorer

Современное развитие веб-картографии, без всякого сомнения, один из индикаторов глобализации, своеобразного уменьшения расстояний, ускорения процессов доставки данных, более тесного проникновения компьютерных технологий в повседневную жизнь. Мы безусловно свидетели интересных событий, которые будут иметь далеко идущие последствия.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель работы

Изучить технологию работы по созданию картографического WEB сервиса и создание работающего прототипа с использованием ПО MapServer.

Порядок работы

Установка MapServera

Скачиваем дистрибутив MapServer, представляющий собой zip-архив.

1. Находим внутри архива файл README_INSTALL. Знакомимся с содержимым. Наиболее важным представляется следующее: во-первых, пакет устанавливает Apache, PHP, MapServer CGI, MapScript (как следствие, предварительно устанавливать Internet Information Services - IIS, - нет необходимости); во-вторых, устанавливать пакет нужно в корень диска (не обязательно системного), если же установить его не в корневую папку, то могут возникнуть проблемы.
2. Как было сказано, нужно распаковать архив в корень диска, например, диска "D". В результате получаем каталог с MapServer: D:/ms4w.
3. Устанавливаем MS4W Apache Web Server (для этого предоставляется специальный bat-файл: D:/ms4w/apache-install.bat). Запускаем на выполнение этот файл и он начнет установку Apache Web Server как службу Windows. В процессе установки bat-файл должен выдать следующие сообщения:

Installing the Apache MS4W Web Server service

The Apache MS4W Web Server service is successfully installed.

Testing httpd.conf....

Errors reported here must be corrected before the service can be started.

The Apache MS4W Web Server service is starting.

The Apache MS4W Web Server service was started successfully.

4. После этого Apache MS4W Web Server service установлен и будет автоматически запускаться после перезагрузки компьютера. Убедиться в том, что этот сервис запущен и работает можно через Панель управления\Администрирование\Службы. Среди сервисов должен появиться этот сервис, тип запуска — авто. Согласно инструкции, при работе с Windows 95,98,ME запустить Apache как сервис не удастся, поэтому каждый раз нужно будет вручную вызывать D:/ms4w/Apache/bin/httpd.exe.
5. Проверяем, как работает Apache: открываем браузер, вводим адрес <http://localhost/> (или, что даст тот же результат, <http://127.0.0.1/>). Если все в порядке, должна появиться главная страничка MS4W.
6. Установка завершена. Так же можно установить дополнительные приложения, например, MapLab, ka-Map и/или поддержку Oracle 10g, SDE 9.1, скриптов CSharp, Java, Python, организовать парольный доступ к создаваемым приложениям и т.д. Как это делается, описано все в том же README_INSTALL

Создание приложения

WMS (или Web Map Server - Сервер картографической информации) помимо просто отображения информации с помощью браузера, также позволяет пользователю использовать свои данные в ПО ГИС, в пользовательской ГИС таким образом может быть загружены данные из нескольких WMS, дополнительно к ним могут быть добавлены данные самого пользователя. Mapserver поддерживает спецификацию WMS версии 1.1.1, которая

поддерживается [Open Geospatial Consortium](http://opengeospatial.org/) (OGC).

Проверка поддержки WMS в Mapserver

Перед тем как начать работу необходимо убедиться в том, что ваша версия Mapserver поддерживает WMS, для этого необходимо выполнить следующую команду в Windows-версии Mapserver:

```
C:\apache\cgi-bin> mapserv -v
```

Если в результате выполнения команд, в описании Mapserver содержится подстрока `SUPPORTS=WMS_SERVER`, значит WMS поддерживается. Примерное содержание результата выполнения этих команд такое:

```
MapServer version 4.6.1 OUTPUT=GIF OUTPUT=PNG OUTPUT=JPEG  
OUTPUT=WBMP OUTPUT=PDF OUTPUT=SWF OUTPUT=SVG  
SUPPORTS=PROJ SUPPORTS=FREETYPE SUPPORTS=WMS_SERVER  
SUPPORTS=WMS_CLIENT SUPPORTS=WFS_SERVER  
SUPPORTS=WFS_CLIENT SUPPORTS=WCS_SERVER INPUT=JPEG  
INPUT=POSTGIS INPUT=OGR INPUT=GDAL INPUT=SHAPEFILE  
DEBUG=MSDEBUG
```

Адаптация map-файла для поддержки WMS

В качестве примера воспользуемся тестовой картой расположенной по следующей ссылке: http://gis-lab.info/cgi-bin/mapserv?map=/usr/local/www/gis-lab/data/programs/mapserver/wmstest/wms.map&layer=states_poly&layer=states_line&mode=map.

Содержимое соответствующего map-файла для этой карты очень простое:

MAP

IMAGETYPE PNG

EXTENT -97.238976 41.619778 -82.122902 49.385620

SIZE 400 300

SHAPEPATH "/usr/local/www/website/data/map/"

IMAGECOLOR 255 255 255

WEB

TEMPLATE "template.html"

IMAGEPATH "/usr/local/www/website/data/map/tmp/"

IMAGEURL "/tmp/"

END

LAYER

NAME states_poly

DATA states_ugl

STATUS OFF

TYPE POLYGON

CLASSITEM "CLASS"

CLASS

NAME 'States'

EXPRESSION 'land' # Показываются только полигоны, где "CLASS" = 'land'.

STYLE

COLOR 232 232 232

END

```

END
CLASS
NAME 'Water'
EXPRESSION 'water' # Показываются только полигоны, где CLASS" = 'water'.
STYLE
    COLOR    198 198 255
END
END
END

```

```

LAYER
NAME    states_line
DATA    states_ugl
STATUS  OFF
TYPE    LINE

CLASSITEM "CLASS"
CLASS
NAME    'State Boundary'
EXPRESSION 'land'
STYLE
    COLOR  32 32 32
END
END
END

```

END

Для адаптации нашей карты как WMS сервиса, потребуются следующие изменения.

1. Необходимо задать тэг NAME для карты:

MAP

NAME "WMS"

STATUS ON

IMAGETYPE PNG

...

2. В группе WEB необходимо создать подгруппу METADATA и задать в ней тэги:

- wms_title - название WMS сервиса
- wms_abstract - краткое описание WMS сервиса
- wms_onlineresource - полная ссылка (URL), которая будет использоваться, чтобы использовать создаваемый WMS в клиентском ПО, ссылка должна оканчиваться на знак **&**;
- wms_srs - общая система координат проекта (карты), задать описание системы координат можно разными способами, в данном случае выбрана просто ссылка на географическую систему координат WGS84 по классификатору EPSG;

...

WEB

TEMPLATE "template.html"

IMAGEPATH "/usr/local/www/website/data/tmp/"

IMAGEURL "/tmp/"

METADATA

wms_title "GIS-LAB Demo"

wms_abstract "This is the WMS demo from GIS-Lab"

wms_onlineresource "http://gis-lab.info/cgi-bin/mapserv?

map=/usr/local/www/website/data/map/wms.map&"

wms_srs "EPSG:4326"

END

END

...

Если слои карты имеют систему координат отличную от системы координат карты, то она должна быть обозначена для каждого слоя. В обратном случае считается, что система координат слоя равна системе координат карты в целом. Если систему координат слоя задать все же необходимо, делается это так:

LAYER # States line layer begins here

...

METADATA

wms_title "Countries 2"

wms_abstract "Countries 2 test"

wms_srs "EPSG:4326"

END

...

3. Необходимо задать группу тэгов PROJECTION карты

...

PROJECTION

"proj=latlong"

"ellps=WGS84"

"datum=WGS84"

END

...

Точно также как и параметр wms_srs в группе METADATA наследуются и описания проекций слоя и карты в группе PROJECTION. Спецификацией WMS 1.1.1 рекомендуется указывать описание системы координат отдельных слоев,

даже если они совпадают друг с другом и с картой целиком. Также как и для самой карты, PROJECTION указывается для каждого слоя и в метаданных слоя.

```
...
LAYER
...
PROJECTION
    "proj=latlong"
    "ellps=WGS84"
    "datum=WGS84"
END
...
    METADATA
        wms_title      "Countries 2"
        wms_abstract    "Countries 2 test"
        wms_srs         "EPSG:4326"
    END
...
```

4. Подобно группе WEB, для каждого слоя также надо создать подгруппу METADATA, где указать тэги wms_title и wms_abstract:

```
LAYER
...
    METADATA
        wms_title "Countries 2"
        wms_abstract "Countries 2 test"
    END
...
```

5. Добавление возможности запросов к слоям карты

Для того, чтобы можно было получить информацию о объектах слоев карты, необходимо сделать две модификации.

В секцию METADATA самой карты нужно добавить

- wms_featureinfoformat - тип возвращаемых данных, обычно используется text/plain, можно также использовать text/html и text/gml;
- wms_getfeatureinfo - полная ссылка (URL) на сервис;

WEB

...

METADATA

...

```
        wms_onlineresource      "http://gis-lab.info/cgi-bin/mapserv?
map=/usr/local/www/website/map/wms.map&"
        wms_getfeatureinfo      "http://gis-lab.info/cgi-bin/mapserv?
map=/usr/local/www/website/map/wms.map&"
        wms_featureinfoformat   "text/plain"
    END
END
```

Добавить тэг TEMPLATE сразу после описания типа слоя TYPE, а так же тэга wms_include_items, содержащего перечень полей из которых можно брать информацию в METADATA каждого слоя. Значение "all" этого тэга означает, что будут показываться все атрибуты.

LAYER

...

```
TYPE      POLYGON
TEMPLATE  "dummy"
```

...

METADATA

```
        wms_title      "Countries 1"
```

```
wms_abstract    "Countries 1 test"
wms_srs         "EPSG:4326"
wms_include_items "all"
```

END

...

После этого в ПО ГИС можно будет пользоваться инструментами типа identify для просмотра атрибутивной информации по каждому объекту слоя.

Проверка WMS

Проверим созданный сервис с помощью команды, ввести которую нужно в адресную строку браузера:

<http://gis-lab.info/cgi-bin/wmstest?>

SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=GetCapabilities

Результатом выполнения этой команды является файл в формате XML, представляющий из себя ответ сервера содержащий описание сервиса. Этот файл также содержит полезную информацию в секциях <!--Warning...-->, где описываются ошибки, возникшие при чтении файла map и не соответствующие спецификации WMS 1.1.1.

Результирующий map-файл, после адаптации, должен выглядеть следующим образом:

MAP

NAME "WMS"

STATUS ON

IMAGETYPE PNG

EXTENT -97.238976 41.619778 -82.122902 49.385620


```

SIZE      400 300
SHAPEPATH  "/usr/local/www/gis-lab/data/programs/mapserver/wmstest/"
UNITS DD
IMAGECOLOR 255 255 255
WEB
  TEMPLATE "template.html"
  IMAGEPATH "/usr/local/www/gis-lab/data/tmp/"
  IMAGEURL  "/tmp/"
  METADATA
    wms_title "GIS-LAB Demo"
    wms_abstract "This is the WMS demo from GIS-Lab"
    wms_onlineresource "http://gis-lab.info/cgi-bin/mapserv?
map=/path/to/wmstest/wms.map&"    wms_srs      "EPSG:4326"
    wms_getfeatureinfo
"http://gis-lab.info/cgi-bin/mapserv?map=/path/to/wmstest/wms.map&"
    wms_featureinfoformat "text/plain"
  END
END
PROJECTION
  "proj=latlong"
  "ellps=WGS84"
  "datum=WGS84"
END
LAYER # States polygon layer begins here
  NAME      states_poly
  DATA      states_ugl
  STATUS     ON
  TYPE       POLYGON
  TEMPLATE   "dummy"

```

```

CLASSITEM  "CLASS"
PROJECTION
    "proj=latlong"
    "ellps=WGS84"
    "datum=WGS84"
END
CLASS
    NAME "States"
    EXPRESSION "land" # Only polygons where "CLASS" = "land" will be drawn.
    STYLE
        COLOR    232 232 232
    END
END
CLASS
    NAME "Water"
    EXPRESSION "water" # Only polygons where "CLASS" = "water" will be drawn.
    STYLE
        COLOR    198 198 255
    END
END
METADATA
    wms_title      "Countries 1"
    wms_abstract    "Countries 1 test"
    wms_srs         "EPSG:4326"
    wms_include_items "all"
END
END
LAYER
    NAME          states_line

```

```

DATA      states_ugl
STATUS    ON
TYPE      LINE
    PROJECTION
        "proj=latlong"
        "ellps=WGS84"
        "datum=WGS84"
END
CLASSITEM "CLASS"
CLASS
    NAME    "State Boundary"
    EXPRESSION "land"
    STYLE
        COLOR 32 32 32
    END
END
METADATA
    wms_title "Countries 2"
    wms_abstract "Countries 2 test"
    wms_srs "EPSG:4326"
END
END
END

```

Работа с WMS в ПО QGIS

Мы иллюстрируем работу с созданным сервисом в QGIS.

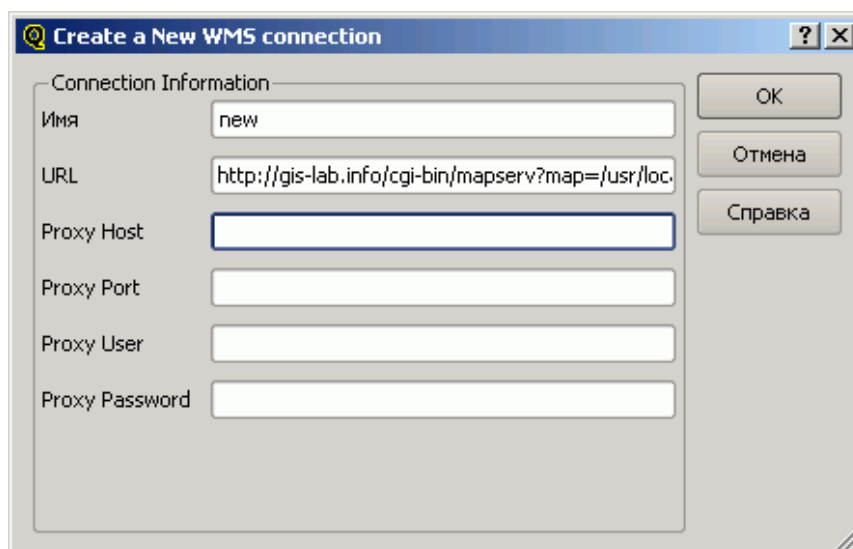


Рис. 13. Создание WMS слоя

WMS-слой в QGIS подключается с помощью Layer\Add WMS layer. В появившемся окне нужно нажать на кнопку New (новый) и ввести параметры нового соединения. При этом URL должен быть равен значению параметра wms_onlineresource, включая знак "&" в конце строки.

После установки соединения необходимо выбрать и слои для загрузки.

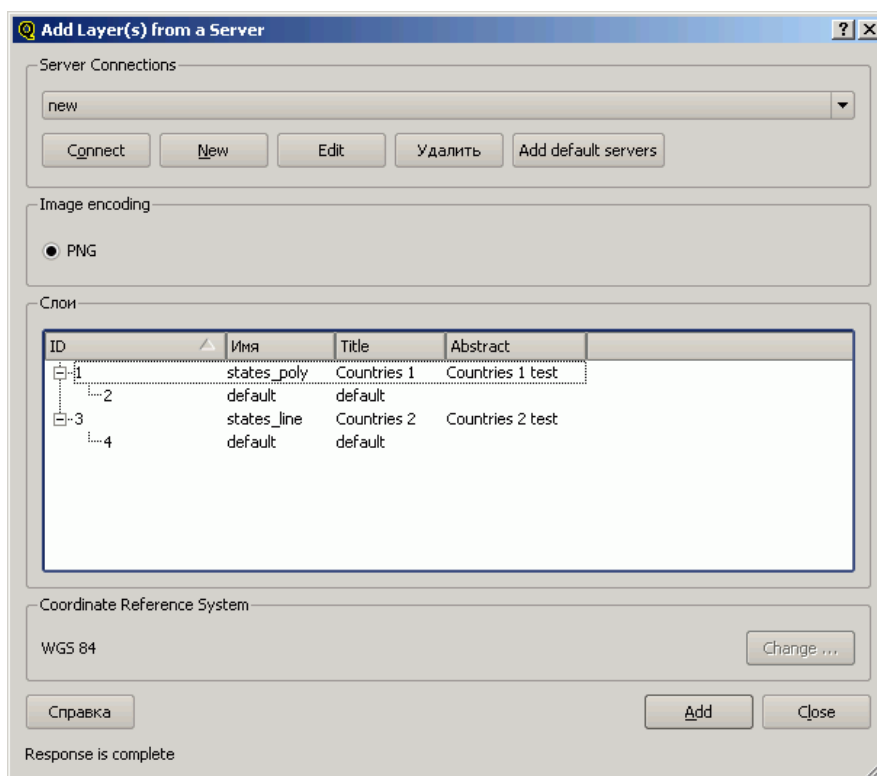


Рис. 14. Добавление WMS-слоя к проекту

Содержание отчета

1. Описание форматов взаимодействия и обмена данными в картографических WEB сервисах.
2. Описание инструментов и структуры созданного прототипа.
3. Демонстрация работоспособности созданного прототипа.
4. . Файлы проекта с пояснительной запиской. Пояснительная записка должна содержать описание файла, его функционал, структуру проекта.

ЛИТЕРАТУРА

Поклад Г. Г. Геодезия : Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению. Москва, 2013. 537 с.

Федотова Е. Л. Информационные технологии в профессиональной деятельности: Учебное пособие. Москва, 2012. 368 с.

Красильников Н. Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие. Санкт—Петербург. 2011. 608с. URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=355314>

Костылев, К. К. Новые информационные технологии (конспект лекций) : учебное пособие для студентов 4 курса физ.фак. Казань, 1998. 87 с.

Шафрин Ю. А. Информационные технологии. Москва. 1999. 336с.

GIS-Lab - сообщество специалистов в области ГИС и ДЗЗ. URL: <http://gis-lab.info/>

ГИС SAGA, URL: <http://saga-gis.org/en/index.html>

ГИС QGIS, URL: <http://www.qgis.org/en/site/>

ПО Mapserver, URL: <http://www.mapserver.org/ru/index.html>